

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002年4月4日 (04.04.2002)

PCT

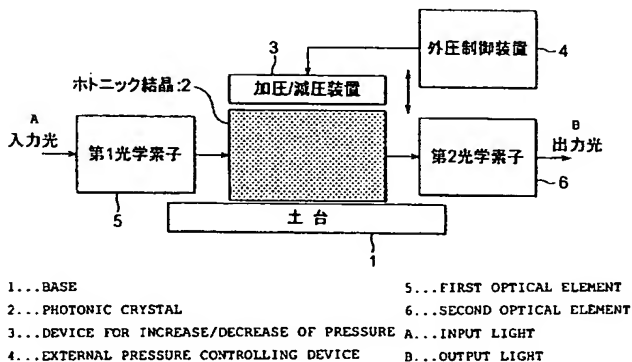
(10) 国際公開番号
WO 02/27384 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 26/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/08384 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 瀧口義浩 (TAKIGUCHI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 伊藤研策 (ITO, Kensaku) [JP/JP]; 〒939-2703 富山県婦負郡婦中町希望ヶ丘745 Toyama (JP). 山中淳平 (YAMANAKA, Junpei) [JP/JP]; 〒467-0808 愛知県名古屋市長瑞区高田町5-15-1-301 Aichi (JP).
- (22) 国際出願日: 2001年9月26日 (26.09.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2000-292703 2000年9月26日 (26.09.2000) JP
- (74) 代理人: 長谷川芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光学装置



(57) Abstract: A photonic crystal (2) which comprises a material in a gel form and, arranged in the material, a plurality of micro-spheres of silica or barium titanate or micro pores. The application of an external force transforms the photonic crystal (2), which in turn changes the photonic band gap thereof. The change of the photonic band results in the restriction of the transmission of a light having a specific wave length through the photonic crystal, which allows the output of a light of a desired wave length from the photonic crystal (2). The photonic crystal can easily change the wavelength of a light outputted therefrom by the change of an external force applied thereto.

(57) 要約:

ゲル状の物質内にシリカやチタン酸バリウムの微小球又は気泡を含有させて可塑性のホトニック結晶2とする。このホトニック結晶に外力を印加すると、ホトニック結晶2が変形し、これによりホトニックバンドギャップが容易に変化する。ホトニックバンドギャップが変化すると、特定波長の光の通過が制限される。したがって、ホトニック結晶2からは所望の波長の光が出力される。本発明においては、この波長は外力によって容易に変化することができることとなる。



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

光学装置

技術分野

- 5 本発明は、ホトニック結晶を用いた光学装置に関する。

背景技術

- 半導体単結晶は、特定の原子が周期的且つ規則的に配列してなる物質である。その電子伝搬特性は、半導体結晶中の原子間隔によって決定される。すなわち、半導体はエネルギーバンドギャップを有しており、このエネルギーバンドギャップは、電子の波動性及び原子の周期ポテンシャルに起因して決定される。
- 10

一方、ホトニック結晶 (photonic crystal) は、光に対してポテンシャル差を有する物質、すなわち屈折率差を有する物質を光の波長程度の周期で配列してなる3次元構造体である。このようなホトニック結晶なる物質は、ヤブラノビッチ (Y a b l o n o v i c h) 氏等によって提案されてきた。

- 15 ホトニック結晶内においては、光の波動性の拘束条件によって光伝搬特性が制限されている。すなわち、ホトニック結晶中における光の伝搬は、半導体中の電子の伝搬と同様に制限を受ける。ホトニック結晶中においては、光に対する禁止帯、所謂ホトニックバンドギャップが存在し、このバンドギャップの存在によって、特定の波長帯域の光は結晶内を伝搬できなくなる。

- 20 従来、様々なホトニック結晶が提案されている。例えば、サブミクロンサイズの粒子を光の波長程度の周期で配列してなるものがある。マイクロ波帯であれば、粒子としてのポリマー球を空間中に配列するものが知られている。

- この他、ポリマー球を金属内で固化させた後で化学的にポリマー球を溶解することにより周期的微小空間を金属中に形成するもの、金属中に等間隔で穴を穿設するもの、固体材料中にレーザを用いて屈折率が周囲と異なる領域を形成するもの、光重合性ポリマーをリソグラフィ技術を用いて溝状に加工したもの等がある。
- 25

これらの加工によって形成されたホトニック結晶は、その構造によって一意的に決定されるホトニックバンドギャップを有することとなる。

このようなホトニック結晶を用いた光学装置は、入力光の所定波長領域を選択して出力することができる。なお、説明において、ホトニック結晶に入力される光を入力光、ホトニック結晶内を通過することによってホトニック結晶から出力される光を出力光とする。

発明の開示

しかしながら、光学装置においては、ホトニック結晶のホトニックバンドギャップを十分に変化させることができないため、その出力光の波長を可変することができない。本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、外力によって変形することにより、出力光の波長を十分に変化可能な光学装置を提供することを目的とする。

上述の課題を解決するため、本発明の光学装置は、ホトニック結晶に外力を印加することによりホトニック結晶のホトニックバンドギャップを変化させる光学装置において、ホトニック結晶は可塑性であることを特徴とする。

本発明のホトニック結晶は可塑性であるため、これに外力を与えてホトニック結晶を変形させると、ホトニックバンドギャップが大きく変化し、ホトニック結晶からの出力光の波長が十分に変化することとなる。このような光学装置においては、ホトニック結晶自体の容積を小さくした場合においても、有効に波長選択を行うことができるので、装置全体を小型化することも可能である。

本発明の光学装置は、上記外力の印加を行う外力印加手段を更に有することを特徴とする。外力印加手段としては、種々のものがある。

一つには、この外力印加手段は、電氣的な入力に応じて変形する圧電素子であることを特徴とする。この場合、電氣的な入力で圧電素子を変形することにより、ホトニック結晶に外力を印加するので、特定の計測値等に基づいて電氣的な入力を行うシステムを構成することができる。

また、一つには、外力印加手段は、手動入力に応じてホトニック結晶を押圧する押圧機構であることを特徴とする。この場合、実験計測系において、手動による外力の微調整が可能となるので、本装置をホトニック結晶の基礎研究等に適用することができる。

- 5 また、一つには、外力印加手段は、内径が変化するように変形可能な中空部材であり、ホトニック結晶は中空部材内に配置されていることを特徴とする。中空部材は内径が変化するように変形するので、この変形に応じてホトニック結晶は中空部材の長手方向に伸縮するように変形する。入力光はホトニック結晶の長手方向の一端から入力され、出力光は他端から出力される。したがって、径方向の
- 10 光の広がりを抑制することができ、出力光の単位面積当たりの強度低下を抑制することができる。

- また、本発明の光学装置は、ホトニック結晶のホトニックバンドギャップに応じて変化する物理量を測定し、この測定値に応じて外力印加手段による外力の大きさを制御するフィードバック手段を更に有することを特徴とする。所望のホト
- 15 ニックバンドギャップにする場合には、これに応じて変化する物理量、好ましくは出力光強度、又は出力光スペクトルを測定し、出力光の強度又は特定波長の強度が一定となるように、フィードバック手段は外力印加手段を制御する。

- また、本発明の光学装置は、ホトニック結晶を加熱するヒータと、ホトニック結晶の温度を測定する温度センサを更に備え、温度センサによって測定された温
- 20 度に応じてヒータへの供給電力を制御することを特徴とする。この場合、ホトニック結晶の温度を温度センサによって測定しつつ、これを加熱しているので、ホトニック結晶の温度を所望の値、好ましくは一定値にすることができ、ホトニックバンドギャップの温度による変化を抑制することができる。

- また、本発明の光学装置は、ホトニック結晶を収容する容器を更に備え、外力
- 25 印加手段は容器内に収容されたホトニック結晶に対して一定方向に、圧力を前記外力として印加することを特徴とする。この場合、容器の外壁によってホトニッ

ク結晶を保持し所望の外力以外の力による変形を抑制すると共に、その変形方向を制限することができる。

また、本発明の光学装置は、容器の外壁の少なくとも一部分を透明とする、又は、この部分に透明の窓を設け、この部分を介してホトニック結晶内に光を入力
5 することを特徴とする。この場合、入力光は、これに対して透明な外壁又は窓を介してホトニック結晶内に導入されるが、ホトニック結晶は当該外壁によって保持されるので、部品点数を減らすことができる。

上記ホトニック結晶は、ゲル状の物質内にシリカ又はチタン酸バリウムの微小球を複数含有してなることを特徴とする。また、上記ホトニック結晶は、ゲル状
10 の物質内に形成された微小空間を複数含有してなることとしてもよい。これらの場合、ホトニック結晶を容易に変形させることができる。

また、本発明の光学装置においては、上記容器は半導体基板を加工することによって形成され、圧電素子は半導体基板上に形成されていることを特徴とする。
この場合、半導体基板に形成された容器、特に凹部内にホトニック結晶が配置さ
15 れ、この半導体基板上に圧電素子が形成されるので、半導体微細加工技術を用いてこれらを形成することができ、装置全体を小型化することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は実施の形態に係る光学装置の説明図である。

図 2 はホトニック結晶 2 の斜視図である。

20 図 3 はダイクロイックミラーによる出力光の透過率（任意定数）の波長（nm）依存性を示すグラフである。

図 4 は光学装置の好適例を示す説明図である。

図 5 A、図 5 B、図 5 C はダイクロイックミラーによる出力光の透過率（任意定数）の波長（nm）依存性を示すグラフである。

25 図 6 は気泡を用いたホトニック結晶 2 の斜視図である。

図 7 は別の形態に係る光学装置の説明図である。

図 8 は別の形態に係る光学装置の説明図である。

図 9 はチューブ型の圧電素子を用いた光学装置主要部の斜視図である。

図 10 は更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。

図 11 は更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。

5 図 12 は更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、実施の形態に係る光学装置について説明する。同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

10 図 1 は、実施の形態に係る光学装置の説明図である。この光学装置は、入力光の波長帯域から、所望の波長帯域を選択して出力光として出力する装置である。土台 1 の上にはホトニック結晶 2 が置かれており、ホトニック結晶 2 は、これに圧力を加え、また、これに印加される圧力を減少させる加圧／減圧装置（外力印加手段）3 によって付勢される。

15 ホトニック結晶 2 は、外力の印加によって精度良く変形し、変形に応じてホトニックバンドギャップが変化する物質である。加圧／減圧装置 3 によってホトニック結晶 2 を変形させると、そのホトニックバンドギャップが変化する。加圧／減圧装置 3 は、外圧制御装置（外力制御手段）4 によって制御され、外圧制御装置 4 は上記外力の大きさ及びその印加時間を制御する。

20 入力光は光を伝搬させる第 1 光学素子 5 を通過してホトニック結晶 2 に入力される。入力光中の特定波長成分はホトニック結晶 2 を通過することができず、所定の波長帯域がホトニックバンドギャップ（光学的応答特性）に応じて選択され、出力光としてホトニック結晶 2 から出力される。出力光は、光を伝搬させる第 2 光学素子 6 に入力され、第 2 光学素子 6 を介して本光学装置外部へ出力される。すなわち、外力の印加によって、第 1 及び第 2 光学素子 5, 6 間の光学的結合特性が変化する。

25

本光学装置は、ホトニック結晶 2 に外力を印加することによりホトニック結晶

2のホトニックバンドギャップを変化させる光学装置であるが、ホトニック結晶2は可塑性である。なお、ホトニック結晶2は、弾性を有していても良い。

ホトニック結晶2は可塑性であるため、これに外力を与えてホトニック結晶2を変形させると、ホトニックバンドギャップが大きく変化し、ホトニック結晶2からの出力光の波長が十分に変化することとなる。このような光学装置においては、ホトニック結晶2自体の容積を小さくした場合においても、有効に波長選択を行うことができるので、装置全体を小型化することも可能である。

図2はホトニック結晶2の斜視図である。

このホトニック結晶2は、ゲル状の物質2G内にシリカ又はチタン酸バリウムの微小球（光学的な微結晶）2Bを複数含有してなる。このホトニック結晶2は容易に変形させることができる。微小球2Bは、物質2G内に光の波長程度の周期で規則的に均一に配列されている。微小球2Bの間隔は、選択しようとする光の波長の半分から四分の一であり、この波長に対して微小球2Bは透明である。ホトニック結晶2に波長帯域 $\Delta\lambda$ (λ_1 を含む)の光を入射すると、ホトニックバンドギャップに応じて、特定の波長帯域 λ_1 の成分のみがホトニック結晶2を透過する。

ゲルは外力によって容易に変形するため、ホトニック結晶2のホトニックバンドギャップが容易に変化する。この変化によって、ホトニック結晶2を通過する上記波長帯域 λ_1 が変化する。なお、微小球2Bと物質2Gとは屈折率が異なり、また、双方とも選択する光の波長に対して透明である。

例えば、ゾルの材料として、紫外線硬化樹脂を混ぜたものを用い、ゲル化は、これに紫外線を照射することにより行うことができる。代表的な紫外線硬化樹脂は、アクリルアミドに架橋剤及び光重合開始剤を混ぜたものであり、従来から多くのものが知られている。

この微小球2Bの周期構造数は50程度でよいから、ホトニック結晶2は最大でも100 μm 角の素子で十分に機能する。したがって、このホトニック結晶2

を用いれば、装置の小型化を達成することができる。

図 3 は、多層膜構造のホトニック結晶、すなわちダイクロイックミラーによる出力光の透過率（任意定数）の波長（nm）依存性を示すグラフである。入力光は白色光である。このグラフは、上述のホトニック結晶 2 のものではないが、微小球 2 B が完全に等間隔に配列された場合には、特定の方向に関しては、その光学特性は同図に示したものと同様となる。本例においては、波長帯域 400 nm 近傍の光の透過率が、この周囲の波長帯域よりも低下している。

上述の光学装置は、上記外力の印加を行う外力印加手段 3 を有しているが、外力印加手段としては、種々のものがある。

図 4 は、上記光学装置の好適例を示す説明図である。この場合、上述の外力印加手段 3 は、電気的な入力に応じて変形する圧電素子（ピエゾ素子）3' である。外圧制御装置 4 としては、電圧可変電源 4' を用いる。

本例においては、圧電素子 3' は、電源 4' から印加される電圧に応じて、土台 1 の表面に対して垂直な方向に移動する。なお、ホトニック結晶 2 の上部には押え板 3'' が配置されており、押え板 3'' は土台 1 と共にホトニック結晶 2 を挟持している。圧電素子 3' の上面は土台 1 に対して固定された位置に配置されており、下面は押え板 3'' に固定されている。圧電素子 3' が伸縮すると、押え板 3'' と土台 1 との間の距離が変化するので、ホトニック結晶 2 が光路に沿って延びるように変形する。

このような構成においては、電気的な入力で圧電素子 3' が変形することにより、ホトニック結晶 2 に外力を印加するので、特定の計測値等に基づいて電気的な入力を行うシステムを構成することができる。

図 5 A、図 5 B、図 5 C は、多層膜構造のホトニック結晶、すなわちダイクロイックミラーによる出力光の透過率（任意定数）の波長（nm）依存性を示すグラフである。図 5 A は、ダイクロイックミラーに外力を加えない場合のグラフ、図 5 B は 1 % の格子歪みがミラー垂直方向に生じるように圧力を加えた場合のグ

ラフ、図5Cは1%の格子歪みがミラー垂直方向に生じるように圧力を加えた場合のグラフである。なお、格子歪みがミラー面に沿って生じるように圧力を加えることもできる。

このグラフによれば、反射光スペクトルの強度ピークを与える波長 λ_{CENTER} は、
5 外力のない場合 $1.5\mu\text{m}$ 程度である。また、波長 λ_{CENTER} は、1%の圧縮歪みを与えた場合には 1470nm 程度（短波長側）にシフトし、1%の展延歪みを与えた場合には 1530nm （長波長側）にシフトしている。

このグラフは、図4に示したホトニック結晶2のものではないが、その光学特性の変化の傾向は、これらのグラフと同様であり、外力、すなわち歪みによって
10 出力光の波長帯域が変化する。

また、上記ホトニック結晶2は、ゲル状の物質内に形成された微小空間を複数含有してなることとしてもよい。

図6は、上記微小空間として気泡を用いたホトニック結晶2の斜視図である。
このホトニック結晶2は、物質2G内に複数の気泡2B'を備えるものであり、
15 上述の微小球2Bを気泡2B'に読み替えたものである。このようなホトニック結晶2も外力によって容易に変形させることができる。

図7は別の形態に係る光学装置の説明図である。本例においては、図1に示した外力印加手段3を、手動入力に応じてホトニック結晶2を押圧する押圧機構3としたものであり、外圧制御装置4が手動である点を除いて、他の構成は図1のもの
20 のもの同一である。押圧機構3は、土台1に対して固定された位置に配置された支持板3a、支持板3aに設けられたネジ孔に螺合したネジ部3b、及びネジ部3bの一端に固定されたネジ回しヘッド3cからなるネジ送り機構を備えており、ネジ部3bの他端には押え板3"が当接している。

ヘッド3cを所定方向に回転させると、ネジ部3bが押え板3"方向に移動する。
25 押え板3"の下面は、ホトニック結晶2に接着剤によって固定されているので、ヘッド3cの回転に伴ってホトニック結晶2には外力が印加され、ホトニッ

ク結晶 2 が光路に沿って延びるように変形する。ホトニック結晶 2 は可塑性であるが、圧縮性及び展延性を有して変形することもできる。

このような光学装置は、実験計測系において、手動による外力の微調整が可能となるので、本装置をホトニック結晶の基礎研究等に適用することができる。

5 図 8 は別の形態に係る光学装置の説明図である。

この光学装置は、ホトニック結晶 2 を収容する容器 9 を更に備えており、外力印加手段 3 は容器 9 内に収容されたホトニック結晶 2 に対して一定方向に、外力としての圧力を印加する。この場合、容器 9 の外壁によってホトニック結晶 2 を保持し所望の外力以外の力による変形を抑制すると共に、その変形方向を制限することができる。なお、本例においては、外力印加手段 3 として圧電素子 3' を用いたものを図示する。

10

容器 9 の外壁の少なくとも一部分、すなわち、入力光の光路は透明である。この部分に透明の窓を設けてもよい。この透明な外壁又は窓を介してホトニック結晶 2 内に入力光が入射する。出力光の光路における外壁も透明とすることができる。ホトニック結晶 2 は当該外壁によって保持されるので、装置に必要な部品点数を減らすことができる。なお、上述及び以下の実施形態において、ホトニック結晶 2 の外力印加手段 3 としてチューブ型の圧電素子を用いてもよい。

15

図 9 はチューブ型の圧電素子を用いた光学装置主要部の斜視図である。外力印加手段 3 としての圧電素子（中空部材） 3' はチューブ型であり、これを容器とし、この内部にホトニック結晶 2 が配置されている。すなわち、本例の外力印加手段 3 は、内径が変化するように変形可能な圧電素子 3' であり、ホトニック結晶は圧電素子 3' 内に配置されている。

20

この圧電素子 3' は内径が変化するように変形するので、この変形に応じてホトニック結晶 2 は中空の圧電素子の長手方向に伸縮するように変形する。入力光はホトニック結晶 2 の長手方向の一端から入力され、出力光は他端から出力される。したがって、径方向の光の広がりを抑制することができ、このタイプの圧電

25

素子を用いれば、出力光の単位面積当たりの強度低下を抑制することができる。

図 10 は、更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。この光学装置は、図 4 に示したものと比較して、ホトニック結晶 2 の光入力面に窓材 10 を貼り付けた点が異なり、他の構成は図 4 に示したものと同一である。第 1 光学素子 5 から出射された入力光は、窓材 10 を介してホトニック結晶 2 内に導入されることとなる。本例においては、窓材 10 によって、ホトニック結晶 2 の光入力面を保護することができる。また、窓材 10 を光学フィルタとしてもよい。

図 11 は更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。この光学装置は、図 10 に示したものと比較して、ホトニック結晶 2 の光出力面にも窓材 10 を設けた点、ホトニック結晶 2 のホトニックバンドギャップに応じて変化する物理量を測定し、この測定値に応じて外力印加手段 3 による外力の大きさを制御するフィードバック手段（光学特性測定機器 11 及び電源 4'）を設けた点と異なり、他の構成は図 10 に示したものと同一である。

ホトニック結晶 2 のホトニックバンドギャップを所望のホトニックバンドギャップにする場合には、これに応じて変化する物理量、好ましくは出力光強度、又は出力光スペクトルを測定し、出力光の強度又は特定波長の強度が一定となるように、フィードバック手段 11、4' は外力印加手段 3 を制御する。

詳説すれば、ホトニック結晶 2 によって変調された光は、出力光として、その強度又はスペクトルが光学特性測定機器 11 によって測定され、この測定データが特定の値となるように、構造制御装置としての圧電素子 3' がフィードバック制御される。例えば、測定された特定波長の強度が低い場合には、所与の方向に圧電素子 3' を伸縮させ、これによって強度が増加した場合には、同一方向に圧電素子 3' の伸縮を行い、減少した場合には逆方向に伸縮を行う。

このフィードバック制御により、ホトニック結晶 2 による出力光応答特性の安定化、高精度化を達成することができる。

ホトニック結晶 2 は、半導体微細加工技術（マイクロエレクトロメカニクス :

MEMS技術)を用いて製造することもできる。例えば、上述の容器を半導体基板を加工することによって形成し、圧電素子3'を当該半導体基板(図示せず)上に形成する。この場合、半導体基板に形成された容器、特に凹部内にホトニック結晶2が配置され、この半導体基板上に圧電素子3'が形成されるので、半導体微細加工技術を用いてこれらを形成することができ、装置全体を小型化することができる。もちろん、半導体基板内に圧電素子3'の駆動回路、電源、波長フィルタ付きホトダイオード等を形成することもできる。

なお、半導体微細加工技術は、例えば、走査型トンネル顕微鏡の探針などを作製する際にも用いられている。この探針には圧電素子が設けられたものであるが、数nmのオーダーで圧電素子の伸縮を制御することができる。

図12は更に別の実施形態に係る光学装置の説明図である。この光学装置は、図11に示したものと比較して、ヒータ12、温度センサ13、ヒータ電源14を備えた点が異なり、他の構成は図11に示したものと同一である。

この光学装置においては、ホトニック結晶2を加熱するヒータ12を土台1上に設けている。また、ホトニック結晶2の温度を測定する温度センサ13を土台1上に設けている。これらは、ホトニック結晶2の近傍に位置する。ヒータ電源14は、温度センサ13によって測定された温度に応じてヒータ12への供給電力を制御する。

本例においては、ホトニック結晶2の温度を温度センサ13によって測定しつつ、これを加熱しているので、ホトニック結晶2の温度を所望の値、好ましくは一定値にすることができ、ホトニックバンドギャップの温度による変化を抑制することができる。なお、ヒータ12や温度センサ13もMEMS技術を用いてモノシリックに製造することができる。

なお、ファブリペロー干渉計や多層膜鏡(ダイクロイックミラー)も、0次元或いは1次元のホトニック結晶である。ホトニック結晶2は、このような用途にも応用できる。また、上述のような柔らかいホトニック結晶2は、今後、その微

小球 2 B や気泡 2 B' の大きさや配列の安定性、その制御性を向上させるための機械的精度、ゲルの長期安定性、温度安定性、光ファイバや他の光学部品との接続方法、ゲル封入容器、毎回同様の外力を印加できる外力印加機構等について研究が進められるものと期待される。

5 産業上の利用可能性

本発明は、ホトニック結晶を用いた光学装置に利用できる。

請求の範囲

1. ホトニック結晶に外力を印加することにより前記ホトニック結晶のホトニックバンドギャップを変化させる光学装置において、前記ホトニック結晶は可塑性であることを特徴とする光学装置。

5 2. 前記外力の印加を行う外力印加手段を更に有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学装置。

 3. 前記ホトニック結晶のホトニックバンドギャップに応じて変化する物理量を測定し、この測定値に応じて前記外力印加手段による前記外力の大きさを制御するフィードバック手段を更に有することを特徴とする請求の範囲第2
10 項に記載の光学装置。

 4. 前記ホトニック結晶を加熱するヒータと、前記ホトニック結晶の温度を測定する温度センサを更に備え、前記温度センサによって測定された温度に応じて前記ヒータへの供給電力を制御することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学装置。

15 5. 前記ホトニック結晶を収容する容器を更に備え、前記外力印加手段は前記容器内に収容された前記ホトニック結晶に対して一定方向に圧力を前記外力として印加することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学装置。

 6. 前記容器の外壁の少なくとも一部分を透明とする、又は、この部分に透明の窓を設け、前記部分を介して前記ホトニック結晶内に光を入力することを特徴とする請求の範囲第5項に記載の光学装置。
20

 7. 前記ホトニック結晶は、ゲル状の物質内にシリカ又はチタン酸バリウムの微小球を複数含有してなることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学装置。

 8. 前記ホトニック結晶は、ゲル状の物質内に形成された微小空間を複数含有してなることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学装置。
25

 9. 前記外力印加手段は、電気的な入力に応じて変形する圧電素子で

あることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の光学装置。

10. 前記外力印加手段は、手動入力に応じて前記ホトニック結晶を押圧する押圧機構であることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の光学装置。

5 11. 前記外力印加手段は、内径が変化するように変形可能な中空部材であり、前記ホトニック結晶は前記中空部材内に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の光学装置。

12. 前記容器は半導体基板を加工することによって形成されることを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の光学装置。

図1

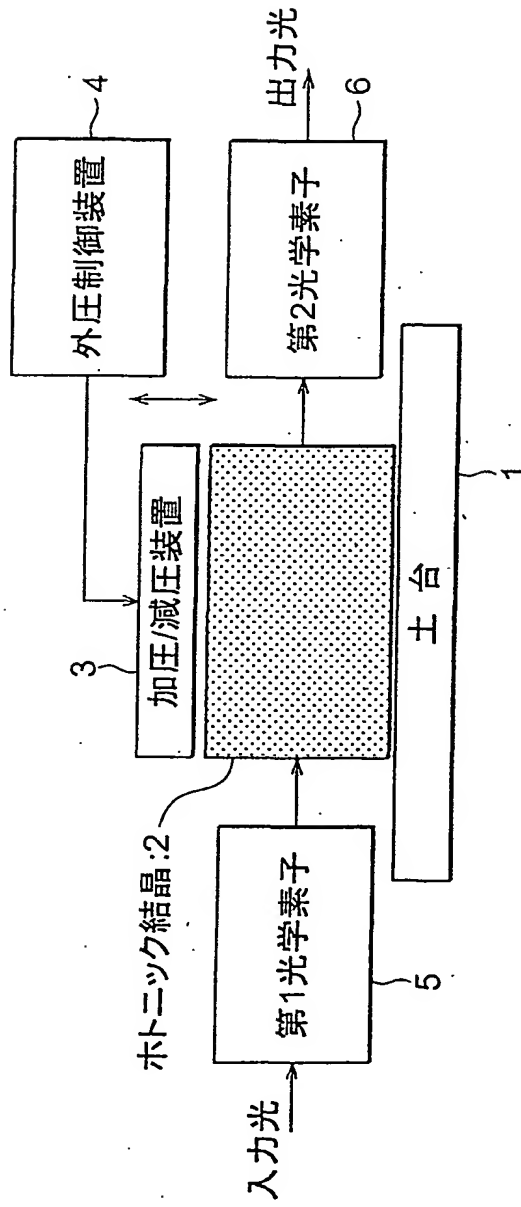


図2

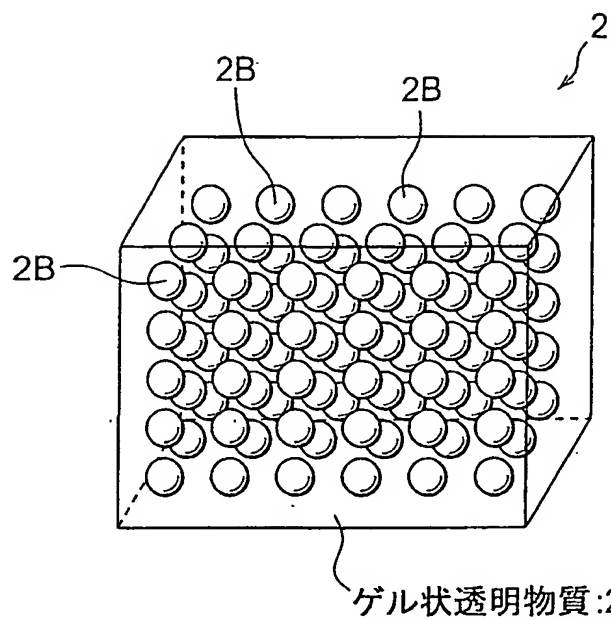


図3

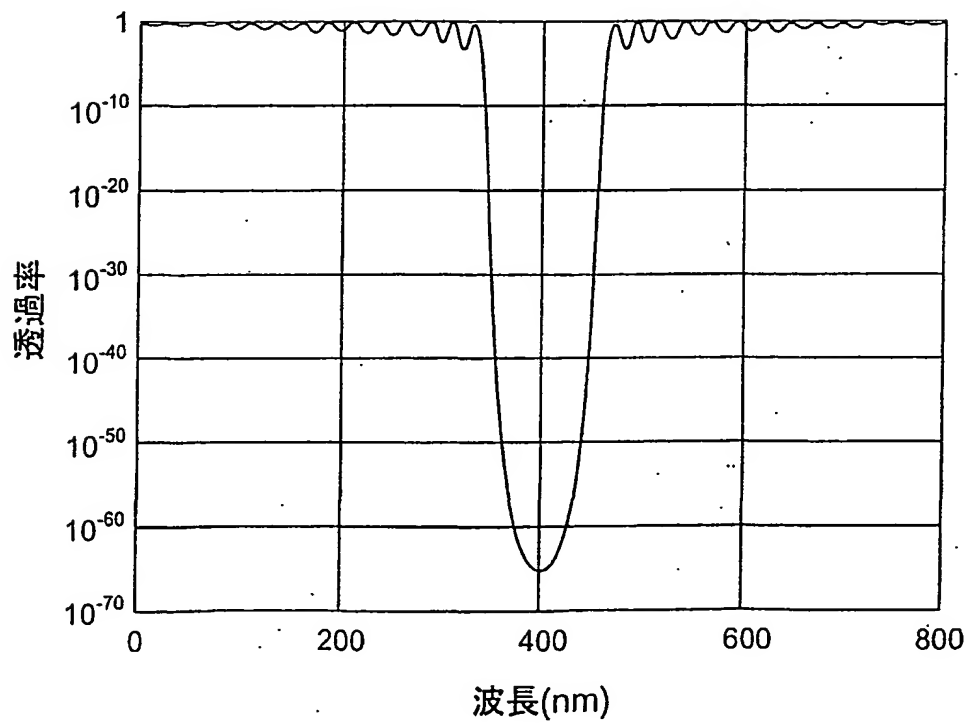


図4

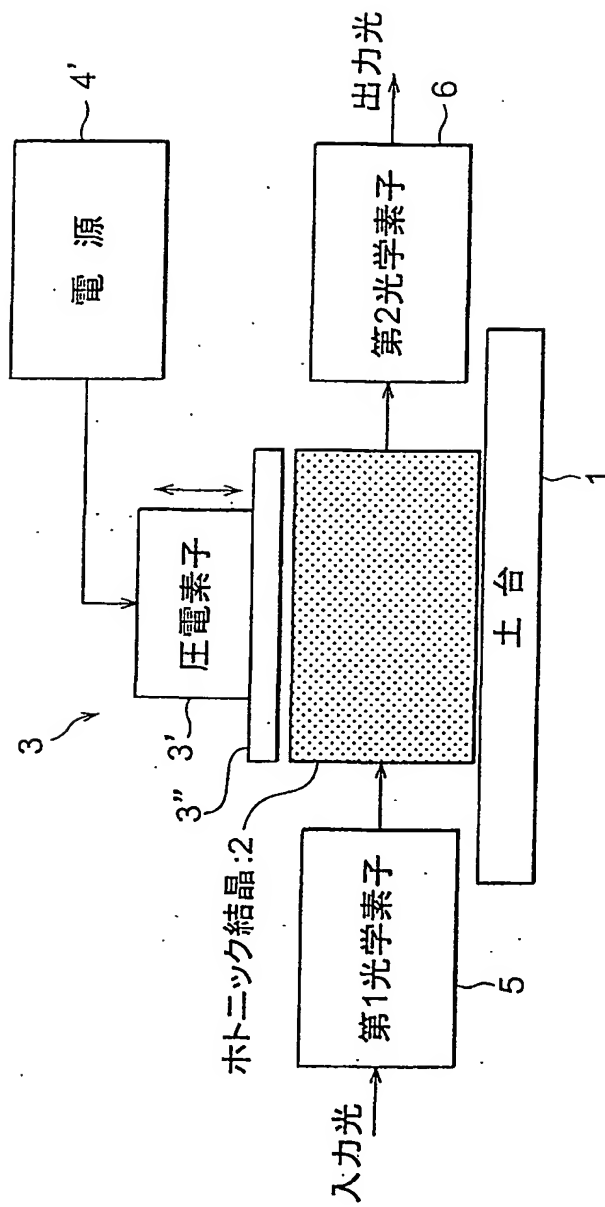


図5A

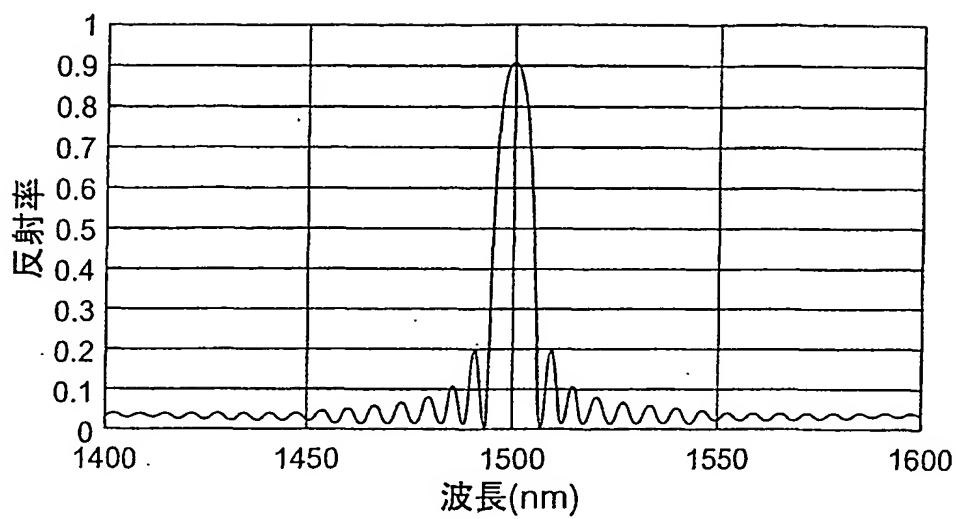


図5B

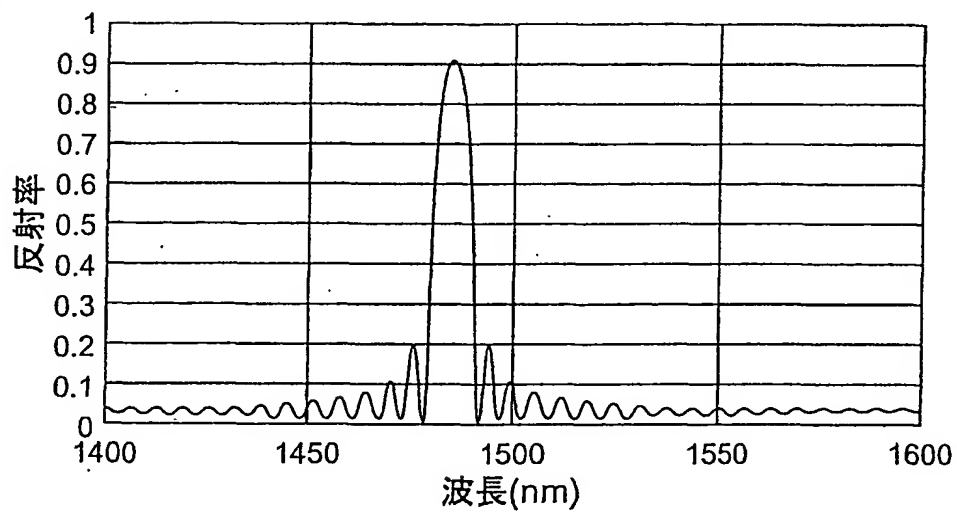


図5C

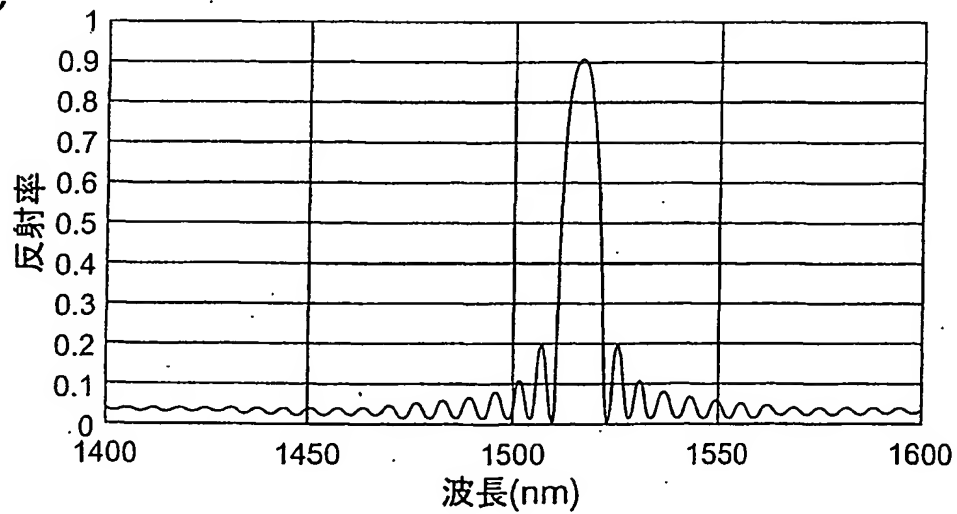


図6

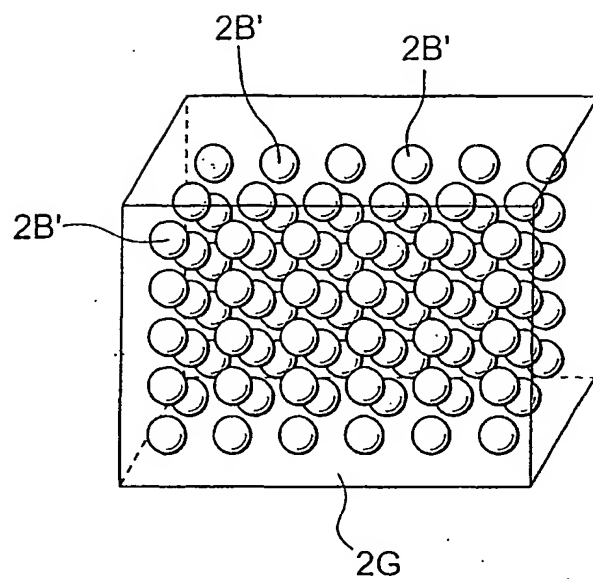


図7

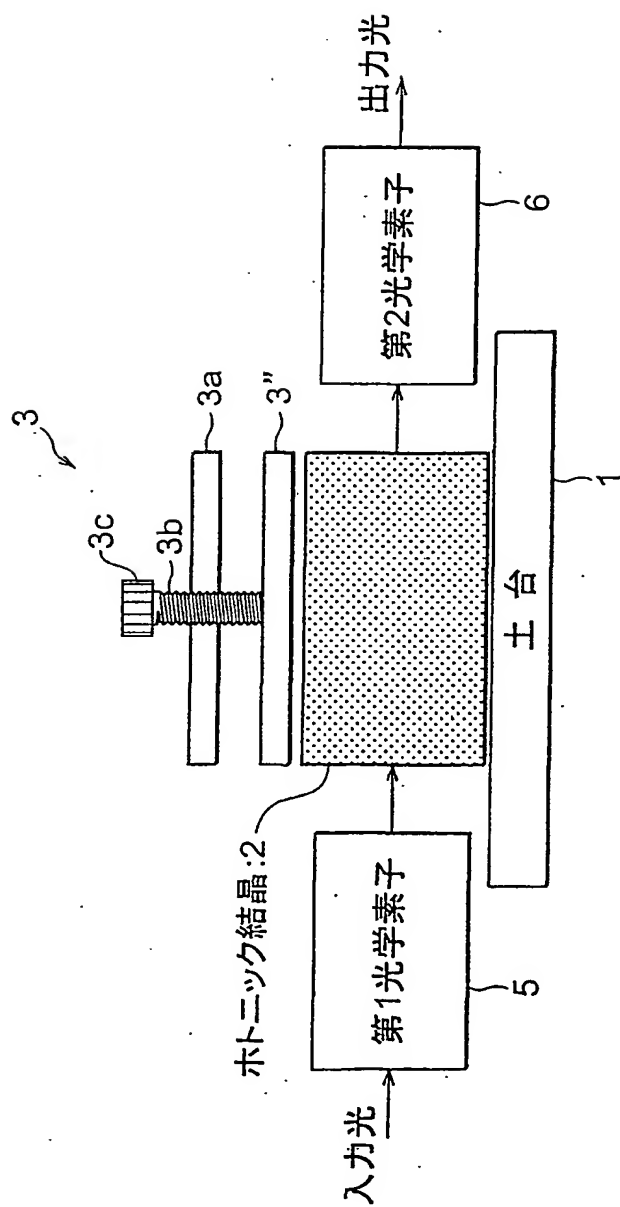


図8

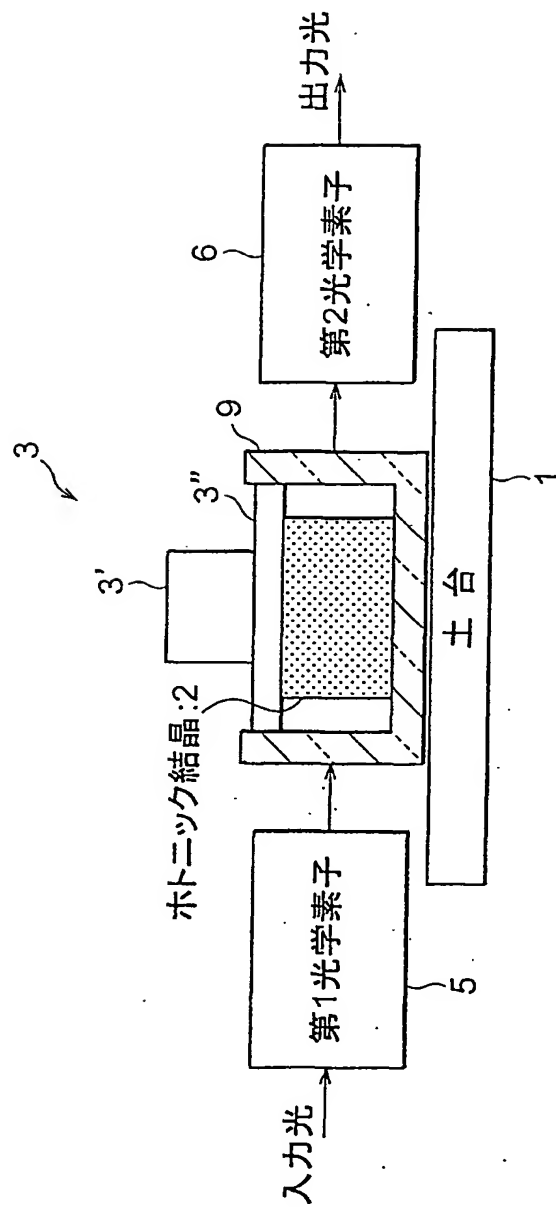


図9

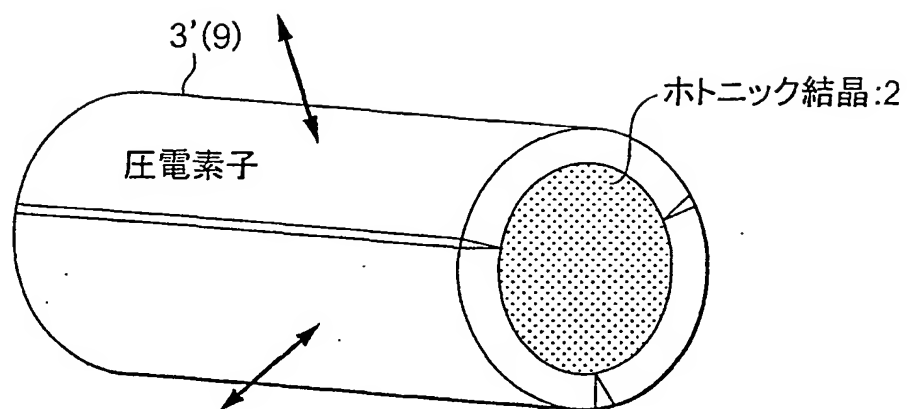


図10

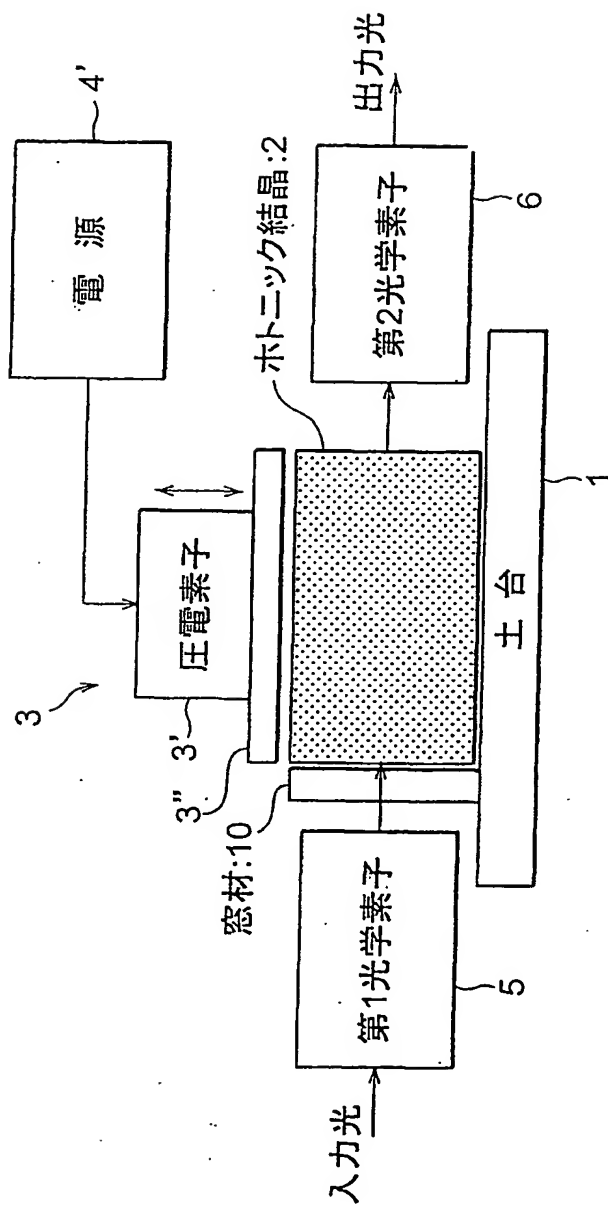


図11

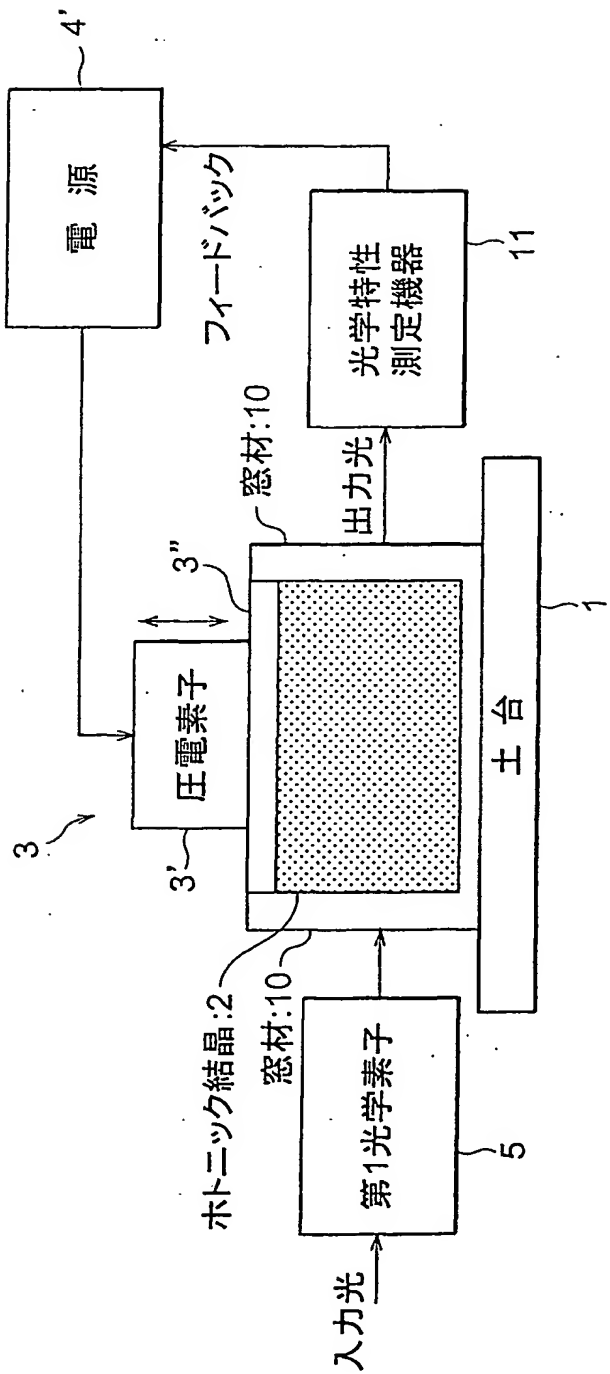
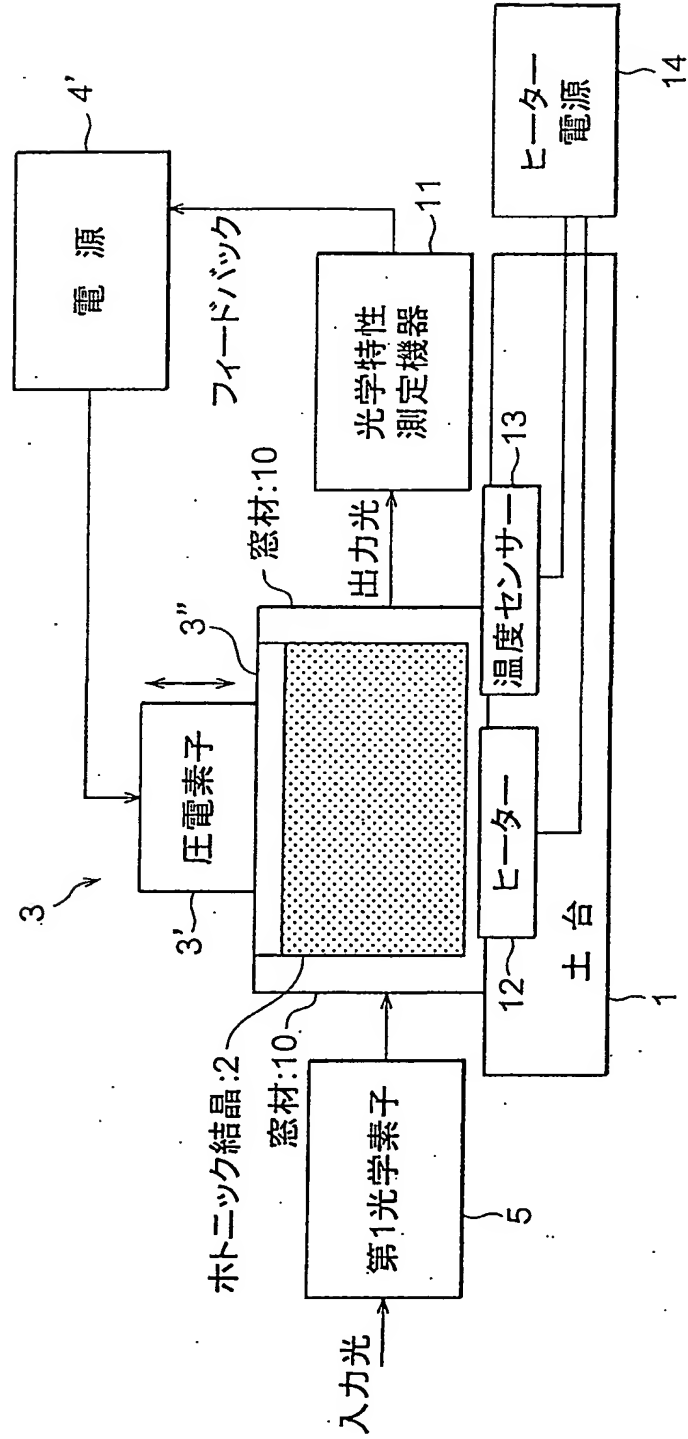


図12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08384

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B26/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1994

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1994

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/59219 A2 (THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE [GB/GB]), 30 December, 1998 (30.12.98), page 30, lines 17 to 18, & JP 2001-525070 A, page 3, lines 21 to 23, & EP 990124 A	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 December, 2001 (05.12.01)

Date of mailing of the international search report
18 December, 2001 (18.12.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/08384

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ G02B26/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ G02B26/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1994

日本国公開実用新案公報 1971-1994

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 98/59219 A2 (THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE [GB/GB]) 30.12月.1998 (30.12.98), p.30, 第17-18行 & JP 2001-525070 A, p.3, 第21-23行 & EP 990124 A	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
05.12.01

国際調査報告の発送日

18.12.01

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
田部 元史



2X 8708

電話番号 03-3581-1101 内線 3294